

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 11-124657

(43)Date of publication of application : 11.05.1999

---

(51)Int.Cl. C22C 38/00  
C22C 38/52  
C22C 38/54

---

(21)Application number : 09-285696

(71)Applicant : JAPAN CASTING & FORGING  
CORP

(22)Date of filing : 17.10.1997

(72)Inventor : MIKAMI MASATO  
KAKO KATSUO  
UENO MASAKATSU

---

**(54) HIGH STRENGTH HEAT RESISTANT STEEL****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a high strength heat resistant steel composed of a material of 12 Cr type steel, applicable even under a high temp. environment of  $\geq 500^{\circ}$  C service temp. and excellent in toughness as well as in high temp. strength.

**SOLUTION:** This steel has a composition consisting of, by weight ratio, 0.08-0.18% C, 0.01-0.1% Si, 0.01-0.2% Mn, 2.0-3.5% Ni, 8-13% Cr, 0.1-0.3% V, 0.01-0.1%, in total, of either or both of Nb and Ta, 0.01-0.1% N, 1.5-4.0% Mo, 1.0-3.0% W, 3.0-6.0% Co, and the balance iron with inevitable impurities and further containing, if necessary, 0.001-0.01% B.

---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-124657

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月11日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

C 2 2 C 38/00  
38/52  
38/54

識別記号

3 0 2

F I

C 2 2 C 38/00  
38/52  
38/54

3 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平9-285698

(22) 出願日

平成9年(1997)10月17日

(71) 出願人 590005715

日本鋳鍛鋼株式会社

東京都千代田区九段南4丁目7番15号

(72) 発明者 三上 真人

福岡県北九州市戸畑区大字中原先ノ浜46番  
地59日本鋳鍛鋼株式会社技術開発部内

(72) 発明者 加来 勝夫

福岡県北九州市戸畑区大字中原先ノ浜46番  
地59日本鋳鍛鋼株式会社技術開発部内

(72) 発明者 上野 正勝

福岡県北九州市戸畑区大字中原先ノ浜46番  
地59日本鋳鍛鋼株式会社技術開発部内

(74) 代理人 弁理士 田村 弘明

(54) 【発明の名称】 高強度耐熱鋼

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、12Cr系鋼の材料で使用温度が500℃以上となるような高温環境下においても適用でき、高温強度に優れ、かつ靱性にも優れた高強度耐熱鋼を提供する。

【解決手段】 本発明は、重量比で、C:0.08~0.18%、Si:0.01~0.1%、Mn:0.01~0.2%、Ni:2.0~3.5%、Cr:8~13%、V:0.1~0.3%、Nb及びTaの1種または2種で合計:0.01~0.1%、N:0.01~0.1%、Mo:1.5~4.0%、W:1.0~3.0%、Co:3.0~6.0%を含み、残部不可避免的な純物及び鉄からなり、必要に応じて、さらにB:0.001~0.01%を含むことを特徴とする高強度耐熱鋼。

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 重量比で、

C : 0.08~0.18%、

Si : 0.01~0.1%、

Mn : 0.01~0.2%、

Ni : 2.0~3.5%、

Cr : 8~13%、

V : 0.1~0.3%、

Nb及びTaの1種または2種で合計：0.01~0.1%、

N : 0.01~0.1%、

Mo : 1.5~4.0%、

W : 1.0~3.0%、

Co : 3.0~6.0%

を含み、残部不可避免的不純物及び鉄からなることを特徴とする高強度耐熱鋼。

## 【請求項2】 請求項1記載の鋼に、さらに重量比で、

B : 0.001~0.01%

を含むことを特徴とする高強度耐熱鋼。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高温強度に優れた高強度耐熱鋼に関するものであり、特に、火力発電用ガスタービンに用いられるタービンロータやタービンディスク等に好適な高強度耐熱鋼に係るものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、この分野での材料としては高強度、高靱性を目的とした含Cr鋼が用いられている。例えば、現在の火力発電用ガスタービンディスクとして、特公昭60-8299号公報には2.25Cr-Mo-V鋼が開示されている。また、特公平7-103447\*

C : 0.08~0.18%、 Si : 0.01~0.1%、  
Mn : 0.01~0.2%、 Ni : 2.0~3.5%、  
Cr : 8~13%、 V : 0.1~0.3%、  
Nb及びTaの1種または2種で合計：0.01~0.1%、  
N : 0.01~0.1%、 Mo : 1.5~4.0%、  
W : 1.0~3.0%、 Co : 3.0~6.0%

を含み、残部不可避免的不純物及び鉄からなることを特徴とする高強度耐熱鋼。及び、(2)上記の鋼に、さらに重量比で、

B : 0.001~0.01%

を含むことを特徴とする高強度耐熱鋼である。

【0008】上記組成にすることにより、本発明鋼は試験条件：600℃、30kgf/mm<sup>2</sup>におけるクリープ破断時間が1000時間以上で、かつ20℃における衝撃値が10kgf/mm<sup>2</sup>以上という優れた特性を得ることができる。

## 【0009】

【発明の実施の形態】本発明者らは、12Cr系鋼を基本成分として合金元素の厳選を行って高温強度の改善を

\*号公報には、ガスタービンディスクに用いられる12Cr鋼が開示されている。

【0003】従来、ガスタービンプラントはガス燃焼温度が高温のもので1350℃であり、実際にタービンディスクが加熱される温度は約450℃までである。しかし、発電効率の高効率化を達成するため、燃焼温度の高温化、圧縮比の向上が要求され、より高温強度に優れたディスク材が必要となっている。

【0004】使用温度が500℃程度までは、上記特公平7-103447号公報に示されているような従来の12Cr鋼を適用することも可能であるが、ガス燃焼温度が1500℃のガスタービンプラントにおいては使用温度が500℃を超えており、このような使用温度に対しては高温強度が不足することから、ガスタービンディスクとしての適用は難しく、さらに高温強度の優れた材料の開発が望まれている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような技術の現状に鑑み、本発明は、12Cr系鋼の材料で使用温度が500℃以上となるような高温環境下においても適用でき、高温強度に優れ、かつ靱性にも優れた高強度耐熱鋼を提供することを目的とするものである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本願発明者は鋭意研究を重ねた結果、12Cr系鋼の材料でも構成する合金成分を調整することにより、特にW、Mo、Coの添加量を調整し、さらにBを添加することにより、以下に示す優れた高温強度を有する耐熱鋼を得ることができた。

【0007】すなわち、本発明は、(1)重量比で、

C : 0.08~0.18%、 Si : 0.01~0.1%、  
Mn : 0.01~0.2%、 Ni : 2.0~3.5%、  
Cr : 8~13%、 V : 0.1~0.3%、  
Nb及びTaの1種または2種で合計：0.01~0.1%、  
N : 0.01~0.1%、 Mo : 1.5~4.0%、  
W : 1.0~3.0%、 Co : 3.0~6.0%

鋭意行い、優れた高温特性、常温靱性を有する新しい高強度耐熱鋼を発明した。特に、本発明はMoと共にW、Coを添加し、クリープ破断強度の強化を図り、さらにBを添加することによりその効果を助長する。

【0010】以下に本発明高強度耐熱鋼における成分限定理由を述べる。

C : CはNと共に炭窒化物を形成し、クリープ破断強度の向上に寄与する。しかし、0.08%未満では十分な効果は得られず、また0.18%を超えると使用中に炭窒化物が凝集粗大化し、高温長時間のクリープ破断強度を劣化させる。このため0.08~0.18%とする。

【0011】Si : Siは高温強度、特にクリープ破断強度を低下させる。このため、本耐熱鋼においては真空

カーボン脱酸法を適用することも併せて考慮して、製鋼において必要な最小限度の添加とし、その範囲を0.01~0.1%とする。

【0012】Mn:Mnも脱酸材として有用な元素であり、不純物として混入するSの悪影響をMnSを形成することで無害化する作用もある。また、 $\delta$ フェライトの生成を抑制する作用がある。このために0.01%以上の添加は必要である。一方、多量にこの元素を加えるとクリーブ破断強度が劣化する。このため、0.2%を超える量の添加は好ましくない。上記した理由から、本発明におけるMn含有量を0.01~0.2%とする。より好ましい範囲は0.01~0.1%である。

【0013】Cr:Crは炭化物を形成しクリーブ破断強度の改善に寄与すると共に、マトリックス中に溶け込み、マトリックス自体を強化して高温長時間側の強度の向上に寄与する。また、耐酸化性をも改善する。8%未満であるとその効果が十分でなく、また13%を超える量を添加すると $\delta$ フェライトを生成しやすくなり、強度の低下や靱性の劣化をもたらす。このため、8~13%とする。より好ましい範囲は9~12%である。

【0014】V:Vは炭窒化物となってクリーブ破断強度を改善する。0.1%未満では十分な効果が得られない。また、逆に0.3%を超える量を添加するとむしろクリーブ破断強度は低下してしまう。このため、0.1~0.3%とする。

【0015】NbまたはTa:NbまたはTaは炭窒化物を形成して高温強度の改善に寄与する。また、高温で析出する炭化物( $M_{23}C_6$ )を微細にして長時間クリーブ破断強度の改善に寄与する。0.01%未満ではその効果はなく、またその合計量が0.1%を超える量を添加すると、鋼塊製造時に生成したNbまたはTaの炭窒化物が熱処理(溶体化処理:950~1150℃)時にマトリックスに十分に固溶できず、使用中に粗大化して長時間のクリーブ破断強度を低下させる。このため、Nb及びTaの合計量を0.01~0.1%とする。

【0016】N:NはCや合金元素と共に炭窒化物を形成して高温強度の改善に寄与する。0.01%未満では、十分な炭窒化物を形成することができないために、クリーブ破断強度が十分に得られない。また、0.1%を超える量を添加すると、長時間の使用中に炭窒化物が凝集粗大化して、十分なクリーブ破断強度を得ることができなくなる。このため、0.01~0.1%とする。

【0017】Mo:MoはWと共にマトリックス中に固溶してクリーブ破断強度を改善する。また、Moは焼入性を向上させ、常温強度、靱性の改善に寄与する。本願発明鋼のようにWを複合添加する場合、MoよりもWの方が高温強度の改善に有効ではあるが、Wの多量添加は延性を劣化させてしまう。一方、Mo及びWを多量に添加すると $\delta$ フェライトが形成されて靱性を低下させる。

1.5%未満では高温強度に対する効果は少なく、4.

0%以上の添加では靱性を低下させるため、Moの添加量は1.5~4.0%とする。

【0018】W:Wは前述のようにMoと共にマトリックス中に固溶してクリーブ破断強度を改善する。WはMoよりも固溶体強化機能が強く、有効な元素である。しかし多量に添加すると $\delta$ フェライトや多量の金属間化合物を生成するため、逆にクリーブ破断強度を劣化させ、また、延性が低下する。このため、Moの添加量とのバランスを考慮して1.0~3.0%の添加とする。

10 【0019】Co:Coはマトリックスに固溶して $\delta$ フェライトの生成を抑制する。このため、Coを添加すると、Coを添加しないものよりもCr, W, Moなどの高温強度を強化させる元素を多く添加することが可能となり、高いクリーブ破断強度を得ることができる。Mo, Wの添加量とのバランスもあり、3%未満ではクリーブ破断強度に対する効果は少なく、また、6%以上の添加では長時間の使用中に金属間化合物を生成し、クリーブ破断強度を低下させる。従って、3.0~6.0%の添加とする。

20 【0020】Ni:Niは焼入性を向上させ、靱性を改善する上で有効な元素であり、 $\delta$ フェライトの生成を抑制する効果もある。2%未満では所望の常温靱性が得られず、また、3.5%を超える量を添加するとクリーブ破断強度を劣化させてしまうため、2~3.5%の添加とする。

【0021】B:Bは必要に応じて添加する元素であり、添加すると粒界強度を高くする作用がある。このため、クリーブ破断強度の改善に寄与する。しかし、多量に添加すると熱間加工性が悪くなると共に、靱性が低下する。すなわち、0.001%より少ない量ではBの効果

30 効果が十分に得られず、一方、0.01%を超える量を添加すると熱間加工性や靱性が低下する。このため、0.001~0.01%とする。

【0022】

【実施例】

【実施例1】以下に本発明請求項1に係る実施例について説明する。表1には試験に供した材料の化学成分をまとめて示す。全ての材料は、50kg真空高周波溶解炉にて溶製し、試験材とした。この試験材を加熱温度1200℃にて熱間鍛造を行い、その後以下に以下の熱処理を施した。

【0023】すなわち、熱処理は1000℃にて5時間加熱保持し、直径1800mm、肉厚500mmのガスタービンディスク材を油冷したときの中心部を模擬した焼入処理を行い、次いで焼もどしは各材料の0.2%耐力がおよそ96~100kgf/mm<sup>2</sup>になるように620~650℃にて5時間の焼もどし処理を行った。

【0024】表2に本発明鋼1及び比較鋼の機械的性質並びにクリーブ破断強度を示す。表から明らかなように、常温引張試験の結果にはほとんど差はない。一方、

(4)

特開平11-124657

5

6

衝撃特性の点では、比較鋼の材料番号6, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 20が低い値を示しており、本発明鋼に比べて靱性が低いことが明らかとなっている。

【0025】また、600℃、30kgf/mm<sup>2</sup>のクリープ破断時間では、比較鋼の材料番号6, 11, 20については、本発明鋼とほぼ同等かそれ以上のクリープ破断時\*

\*間を示しているが、衝撃特性が本発明鋼に対して著しく低い値を示している。この結果から明らかなように、本発明鋼は優れた衝撃特性及びグリップ破断強さの両方を兼ね備えており、比較鋼に比べて格段に優れていることがわかる。

【0026】

【表1】

		C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Mo	Ta	V	W	Co	N
本 発 明 鋼 I	1	0.13	0.06	0.07	2.5	9.8	2.5	0.05	-	0.19	1.8	4.2	0.03
	2	0.17	0.05	0.08	3.3	11.8	2.0	0.03	0.02	0.22	2.1	5.0	0.05
	3	0.14	0.03	0.06	2.5	10.3	3.0	0.04	0.03	0.21	2.3	5.1	0.05
	4	0.15	0.04	0.05	3.0	10.5	3.7	0.02	0.04	0.24	2.7	5.4	0.05
	5	0.14	0.03	0.07	2.1	9.4	1.8	-	0.06	0.23	2.0	3.5	0.04
比 較 鋼	6	0.12	0.05	0.08	0.5	9.5	1.6	0.05	-	0.19	2.0	4.0	0.03
	7	0.15	0.08	0.13	4.3	11.0	0.7	0.09	0.02	0.20	1.7	2.6	0.05
	8	0.06	0.06	0.15	3.1	10.5	1.1	-	-	0.07	0.8	2.3	0.05
	9	0.25	0.05	0.07	0.7	13.4	1.2	-	0.08	0.15	2.7	1.0	0.05
	10	0.10	0.20	0.56	3.9	10.4	1.7	-	0.07	0.23	0.4	3.2	-
	11	0.17	0.09	0.08	1.8	13.8	3.0	0.05	-	0.21	2.4	4.3	-
	12	0.13	0.09	0.07	2.9	10.3	3.7	0.04	0.03	0.18	3.4	2.0	0.04
	13	0.28	0.06	0.08	3.0	10.5	2.4	0.11	0.06	0.35	2.6	3.0	0.11
	14	0.11	0.05	0.15	2.5	10.6	0.2	0.05	-	0.22	2.8	2.8	0.02
	15	0.10	0.14	0.16	2.4	11.4	0.3	0.03	0.03	0.20	2.0	2.0	0.05
	16	0.12	0.04	0.27	2.6	8.3	2.3	-	0.12	0.18	1.1	2.1	0.04
	17	0.10	0.08	0.23	4.2	10.0	1.7	0.05	0.03	0.17	1.3	5.5	0.02
	18	0.22	0.13	0.04	1.5	9.5	2.7	0.03	0.02	0.40	2.1	5.6	0.07
	19	0.11	0.02	0.08	2.5	7.6	1.3	-	0.07	0.23	1.7	2.5	0.02
	20	0.12	0.03	0.05	1.6	12.3	4.2	0.05	-	0.24	2.5	8.0	0.05

下線部分：本願特許請求範囲と異なる成分を示す。

【0027】

【表2】

		常温引張試験				20℃における	600℃・30kgf/mm <sup>2</sup>
		0.2%耐力 (kgf/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	絞り (%)	衝撃値 (kgf-m)	クリープ破断時間 (h)
本 発 明 鋼 1	1	99.2	120.1	20.8	73.4	12.5	1332
	2	98.5	114.4	24.6	78.2	15.7	1873
	3	98.0	118.2	21.2	74.0	11.8	2231
	4	98.3	118.0	22.0	75.8	12.2	1858
	5	98.8	115.1	22.6	76.8	13.9	1188
比 較 鋼	6	97.6	117.5	20.8	73.8	3.1	3034
	7	98.4	119.5	28.8	80.2	18.4	324
	8	97.3	118.3	24.8	77.6	12.0	435
	9	98.7	120.3	18.6	70.2	2.4	188
	10	98.1	116.9	23.4	76.4	11.7	413
	11	97.7	117.1	20.6	73.2	4.8	1059
	12	99.6	120.3	20.2	71.4	3.2	812
	13	99.0	122.5	18.8	71.0	5.6	563
	14	97.8	116.5	21.4	75.2	8.2	236
	15	98.2	117.7	22.2	75.0	7.3	188
	16	98.8	119.4	23.0	78.4	10.5	284
	17	98.1	118.3	24.2	78.8	11.4	755
	18	97.3	117.6	20.2	74.4	3.6	774
	19	98.5	119.3	22.6	78.0	12.1	247
	20	97.2	117.5	18.8	70.2	2.8	4128

下線部分：本発明鋼に対して比較鋼の特性が劣る値を示すもの。

【0028】〔実施例2〕以下に本発明請求項2に係る実施例について説明する。表3には試験に供した材料の化学成分を示す。材料番号1～5は、表1に記載した本発明請求項1の発明に係わる材料（本発明鋼1）であり、材料番号21～25は、本発明請求項2の発明に係わる材料（本発明鋼2）である。

【0029】全ての材料は、実施例1と同様に50kg真空高周波溶解炉にて溶製し試験材とした。この試験材を加熱温度1200℃にて熱間鍛造を行い、その後実施例1と同様の熱処理を施した。

【0030】表4に本発明鋼1及び2の機械的性質並びに\*

\*にクリープ破断強度を示す。本結果から明らかであるように、本発明鋼1、本発明鋼2とも機械的性質においてほとんど差はない。クリープ破断時間を比較すると、Bを添加した本発明鋼2はそれぞれ本発明鋼1よりも明らかにクリープ破断時間が向上していることがわかる。

（21材は同様な成分の1材にBを添加したものである。

同様に、22材は2材に、23材は3材に、24材は4材に、25材は5材にそれぞれBを添加したものである。）

【0031】

【表3】

		C	Si	Mn	Al	Cr	Mo	Nb	Ta	V	W	Cu	N	B
本 発 明 鋼 1	1	0.13	0.06	0.07	2.5	9.8	2.5	0.05	-	0.19	1.8	4.2	0.03	-
	2	0.17	0.05	0.08	3.3	11.8	2.0	0.03	0.02	0.22	2.1	5.0	0.05	-
	3	0.14	0.03	0.06	2.5	10.3	3.0	0.04	0.03	0.21	2.3	5.1	0.05	-
	4	0.15	0.04	0.05	3.0	10.5	3.7	0.02	0.04	0.24	2.7	5.4	0.05	-
	5	0.14	0.03	0.07	2.1	8.4	1.8	-	0.06	0.23	2.0	3.5	0.04	-
本 発 明 鋼 2	21	0.12	0.05	0.06	2.6	10.0	2.7	0.05	-	0.21	1.7	4.0	0.03	0.004
	22	0.16	0.03	0.05	3.3	11.7	2.0	0.03	0.03	0.20	2.1	4.9	0.05	0.005
	23	0.14	0.09	0.05	2.7	10.5	3.1	0.04	0.03	0.20	2.2	5.0	0.05	0.006
	24	0.16	0.04	0.06	3.0	10.4	3.6	0.03	0.03	0.22	2.8	5.5	0.05	0.006
	25	0.15	0.04	0.06	2.3	9.7	1.9	-	0.05	0.20	2.2	3.7	0.04	0.003

【0032】

【表4】

		常温引張試験				20℃における	600℃・30kgf/mm <sup>2</sup>
		0.2%耐力 (kgf/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	絞り (%)	耐摩損 (kgf-m)	クリープ破断時間 (h)
本 発 明 例 1	1	95.2	120.1	20.8	73.4	12.5	1332
	2	96.5	114.4	24.6	76.2	15.7	1673
	3	98.0	118.2	21.2	74.0	11.8	2231
	4	98.3	118.0	22.0	78.8	12.2	1858
	5	96.8	115.1	22.8	78.8	13.9	1198
本 発 明 例 2	21	98.1	118.5	20.4	73.0	13.0	1898
	22	96.0	115.0	24.0	77.8	14.8	2113
	23	89.8	118.5	20.8	78.8	11.0	2882
	24	87.5	119.1	20.8	78.0	12.3	2357
	25	95.8	117.3	21.0	77.4	12.8	1648

## 【0033】

【発明の効果】本発明の高強度耐熱鋼は、優れた高温強度及び靱性を有するため、使用温度が500℃を超えるガスタービン発電プラント用の高温用ガスタービンディスク材として有用である。本発明により、現在のガスタ

ービン発電プラントの燃焼温度上昇が可能となり、更なる高効率化を達成し、化石燃料の節約に寄与すると共に、二酸化炭素の発生量を低く抑える上で有用なものであると言える。